

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Школа ИШНКБ

Направление подготовки Машиностроение

Отделение школы (НОЦ) Электронной инженерии

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>ДУГОВАЯ СВАРКА В СРЕДЕ ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ</b>

УДК 621.791.754.016:621.619.4

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В41	Шалгинов Батырбек Эдуардович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЭИ	Гордынец А.С	К.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Николаенко В.С.	—		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И.Л.	—		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Машиностроение 15.03.01	Хайдарова А.А.	К.т.н.		

Томск – 2018 г.

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
P1	Применять глубокие естественнонаучные, математические и инженерные знания для создания и обработки новых материалов
P2	Применять глубокие знания в области современных технологий машиностроительного производства для решения междисциплинарных инженерных задач
P3	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа, связанные с созданием и обработкой материалов и изделий, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов машиностроения
P4	Разрабатывать технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование и инструменты для обработки материалов и изделий, конкурентоспособных на мировом рынке машиностроительного производства
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных технологий обработки материалов, нанотехнологий, создания новых материалов в сложных и неопределенных условиях
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные высокотехнологичные линии автоматизированного производства, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на машиностроительном производстве, выполнять требования по защите окружающей среды
Универсальные компетенции	
P7	Использовать глубокие знания по проектному менеджменту для ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации
P10	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах устойчивого развития
P11	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа ИШНКБ

Направление подготовки (специальность) Машиностроение

Отделение школы (НОЦ) Электронной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
1В41	Шалгинову Батырбеку Эдуардовичу

Тема работы:

<b>ДУГОВАЯ СВАРКА В СРЕДЕ ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ</b>
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

21.05.2018 г.

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b> <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Дуговая сварка в среде защитных газов магистральных газопроводов при отрицательных температурах
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Обзор научно-технической информации по сварке газопровода.</li><li>2. Разработка технологического процесса сварки газопровода в среде защитных газов.</li><li>3. Контроль качества соединения.</li></ol>
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Механические свойства и химический состав свариваемого материала и сварочных материалов.</li><li>2. Параметры режимов сварки.</li><li>3. Карта эскизов сварки конструкции.</li></ol>

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> (с указанием разделов)	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Обзор научно-технической информации по сварке газопровода.	Гордынец Антон Сергеевич
Разработка технологического процесса сварки газопровода в среде защитных газов	Гордынец Антон Сергеевич
Контроль качества соединения.	Гордынец Антон Сергеевич
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Николаенко Валентин Сергеевич
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	23.04.2018 г.
---	---------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЭИ	Гордынец А.С	К.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В41	Шалгинов Батырбек Эдуардович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РУСЕРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1В41	Шалгинов Батырбек Эдуардович

Школа	Неразрушающего контроля и безопасности (ИШНКБ)	Отделение	Электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01-Машиностроение

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических; энергетических; финансовых; информационных; человеческих;	Работа с информацией, представляемой в российских и иностранных научных публикациях аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документов; наблюдения.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов;	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования.	

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	1. Определение потенциалов потребителя; определение результатов исследования.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований;	2. Планирование этапов работы, определение календарного графика трудоемкости работы, расчет бюджета.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	3. Оценка сравнительной эффективности проекта

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Расчет затрат на проект
3. График окупаемости технологии

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Николаенко Валентин Сергеевич			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В41	Шалгинов Батырбек Эдуардович		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1В41	Шалгинову Батырбеку Эдуардовичу

<b>Школа</b>	Неразрушающего контроля и безопасности	<b>Отделение</b>	Электронной инженерии
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	15.03.01 – машиностроение.

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Дуговая сварка в среде защитных газов магистральных газопроводов при отрицательных температурах.
--	--

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<b>1. Производственная безопасность</b>  1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности.	Проанализировать следующие вредные производственные факторы и обосновать мероприятия по их устранению: 1.Превышение уровня шума; 2.Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны; 3.Утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу (метанола).
1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности.	Проанализировать следующие вредные производственные факторы и обосновать: 1.Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования; 2. Воздушная среда и микроклимат. Вентиляция 3.Электрическая дуга и металлические искры при сварке
<b>2. Экологическая безопасность.</b>	Привести анализ воздействий на окружающую среду и методы восстановления целостности природных объектов при сварке трубопровода
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.</b>	Наиболее вероятными и разрушительными видами ЧС при сварочных работах являются пожар или взрыв на рабочем месте.
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.</b>	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности работников, которые трудятся в отрицательных температурах.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И.Л.			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В41	Шалгинов Батырбек Эдуардович		

## Оглавление

Реферат .....	10
Введение.....	13
1.Описание конструкции .....	14
1.1 Общая характеристика и назначение, состав и механические свойства стали.....	14
1.2 Условия эксплуатации, габариты. ....	16
1.3 Оценка свариваемости. ....	17
2. Разработка технологии сварки.....	19
2.1 Обоснование выбранного способа сварки.....	19
2.1.1 Ручная дуговая сварка покрытыми электродами.....	19
2.1.2 Механизированная сварка в среде защитного газа (CO <sub>2</sub> ) плавящимся электродом. ....	20
2.2 Обоснование выбора сварочных материалов и оборудования.....	22
2.2.1 Источник питания. ....	22
2.2.2 Сварочная проволока. ....	24
2.2.3 Подающий механизм. ....	27
2.2.4 Сварочная горелка.....	27
3. Расчёт режимов сварки. ....	28
3.1 Расчёт режимов сварки в углекислом газе. ....	28
3.2 Расход сварочных материалов при механизированной сварке в среде защитного газа (CO <sub>2</sub> ). ....	32
3.3 Расчёт объёма газа при сварке в защитных газах. ....	33
4. Технология сборки и сварки .....	35
4.1 Входной контроль труб. ....	35
4.2 Сборка стыка.....	36
4.3 Предварительный подогрев кромок. ....	38
4.3 Сварка стыка.....	38
4.5.2 Радиографический контроль качества .....	40
4.6 Исправление дефектов.....	43



5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	45
5.1 Нормирование технологического процесса. ....	45
5.2 Экономическая оценка сравниваемых способов сварки. ....	48
5.3 Экономическая оценка эффективности инвестиций. ....	51
6. Социальная ответственность .....	52
6.1.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению .....	53
6.1.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению. ....	55
6.2 Экологическая безопасность.....	64
6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	66
6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности. ....	66
Заключение. ....	69
Список используемых источников.....	70

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 72 с., 10 рис., 24 табл., 24 источников, 12 листов демонстрационного материала (слайдов).

Ключевые слова: магистральный газопровод, механизированная сварка в среде защитных газов, источник питания, сварочная проволока, низкие температуры, режим сварки.

Объектом исследования является технология сборки и сварки магистрального газопровода с диаметром 1420 мм и толщиной стенки 25 мм.

Целью работы является: разработка технологии сварки стыка труб газопровода из стали 13ХФА диаметром 1420 мм и толщиной стенки 25 мм механизированной сваркой в среде защитных газов.

В процессе исследования проводились расчет параметров режима сварки, прогнозирование химического состава и свойств сварного шва, определение расхода сварочных материалов, анализ вредных и опасных производственных факторов, анализ экономической эффективности.

В результате исследования был произведен подбор сварочного оборудования и проволоки по полученным результатам, даны рекомендации по снижению вредных и опасных производственных факторов, и неблагоприятного влияния на окружающую среду.

Область применения: сварка и сборка магистрального газопровода.

Выпускная квалификационная работа инженера выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2013 и графическом редакторе “КОМПАС-3D V17” и представлена на диске CD-RW (в конверте на обороте обложки).

## Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В данной работе использованы следующие термины с соответствующими определениями:

**Сварка:** технологический процесс получения соединений металлов путем установления между ними межатомных связей. Можно соединять с помощью сварки сплавы, а также однородные и разнородные материалы. В настоящее время сварка широко используется почти во всех областях строительства и машиностроения.

**Дуговая сварка в среде защитном газе:** сварка плавлением, при которой нагрев осуществляется электрической дугой, когда дуга и расплавленный металл находятся в защитном газе, подаваемым в зону сварки с помощью специальных устройств.

**Свариваемость металла:** свойство металла образовывать при установленной технологии сварки соединение, отвечающее требованиям, обусловленным конструкцией и эксплуатацией изделия.

**Магистральный газопровод:** трубопровод, предназначенный для транспортирования природного газа из районов добычи к пунктам потребления. Основное средство передачи газа на значительные расстояния.

Список основных обозначений и сокращений:

МГ - Магистральный газопровод

$C_{\text{ЭКВ}}$  - углеродный эквивалент

$\sigma_B$  - Предел прочности

$\sigma_T$  - Предел текучести

$\delta$  - Относительное удлинение

KCV - Ударная вязкость

$I_{\text{св}}$  — сила тока;

$U_d$  — напряжение дуги;

$V_{\text{св}}$  — скорость сварки.

КПД – коэффициент полезного действия;

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 14771-76. Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные.

Основные типы, конструктивные элементы и размеры.

ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ).

Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

ГОСТ 31447-2012. Трубы стальные сварные для магистральных газопроводов. Технические условия.

ГОСТ 16037-80 Соединения сварные стальных трубопроводов.

Основные типы, конструктивные элементы и размеры.

ГОСТ 8050 – 85 – Двуокись углерода газообразная и жидкая.

## Введение

Газовая промышленность является одним из важнейших предприятий России, так как обладает большой сырьевой базой. Чтобы транспортировать газ от места добычи до городов на большое расстояние, используют магистральные газопровода.

Основной задачей газопровода является транспортировка жидкого и газообразного вещества. Перемещение газа осуществляется под влиянием разницы давлений в трубе.

Но чтобы газопровод работал, его нужно собрать, и одной из особенностей строительства линейной части магистральных газопроводов является повторяемость сборки и сварки стыков. Благодаря тому, что операции по сборке и сварке повторяются на каждом последующем стыке, работа приобретает поточный характер. Определяющим фактором при строительстве магистральных газопроводов является поток сварочно-монтажных работ, время необходимое для завершения строительства напрямую зависит от их выполнения.

Целью работы является разработка технологии сварки газопровода дуговой сваркой в среде защитных газов трубы из стали 13ХФА диаметром 1420 и толщиной стенки 25 мм при отрицательных температурах.

## 1. Описание конструкции

### 1.1 Общая характеристика и назначение, состав и механические свойства стали.

Для создания магистрального газопровода используют стальные трубы диаметром 1020-1420 мм, выдерживающие давления до 9,8 МПа. Магистральный газопровод прокладывают тремя способами: подземный (на глубину 0,8–0,1 м до верхней образующей трубы); надземный — на опорах; наземный – на насыпных дамбах.

Трубы магистральные производятся из низколегированной горячекатаной, спокойной и полуспокойной стали, обладают повышенной коррозионной стойкостью и длительным сроком эксплуатации [1].

Состав МГ, его конструктивные и технологические параметры устанавливаются проектом в соответствии со строительными нормами и правилами проектирования в зависимости от назначения, природно-климатических условий размещения газопровода [2].

Для создания газопровода в условиях умеренного и холодного климата используются трубы, работающие при температурах от минус 50 до плюс 75°С используется низколегированная конструкционная сталь 13ХФА.

13ХФА - сталь конструкционная низколегированная для сварных конструкций, марка стали широко применяется при производстве сварных труб и другого металлопроката.

Сталь 13ХФА обладает гарантированными механическими характеристиками и химическим составом, высокой сопротивляемостью хрупкому разрушению при низких температурах (хладостойкостью) и повышенной коррозионной стойкости.

Таблица 1 – Химический состав в % ТУ 1308-245-0147016-2002

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	V	N	Al	Cu
0,11 – 0,17	0,17 - 0,37	0,4 - 0,65	до 0,25	до 0,015	до 0,015	0,5 - 0,7	0,04 - 0,09	до 0,008	0,02 - 0,05	до 0,25

Повышение прочности низколегированных сталей достигается легированием их элементами, которые растворяются в феррите и измельчают перлитную составляющую. Наличие этих элементов при охлаждении тормозит процесс распада аустенита и действует равносильно некоторому увеличению скорости охлаждения. Поэтому при сварке в зоне термического влияния при повышенных скоростях охлаждения могут образовываться закалочные структуры

Качество и свойства материалов должны удовлетворять требованиям соответствующих стандартов и технических условий и подтверждаться сертификатами поставщиков.

В сертификате должен быть указан способ термообработки изделия на предприятии-изготовителя.

Механические характеристики стали [3], приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Механические свойства при T=20 °C материала 13ХФА

Сортамент	Временное сопротивление разрыву $\sigma_b$ , МПа	Предел текучести $\sigma_t$ , МПа	Относительное удлинение $\delta_5$ , %	Ударная вязкость KCV, кДж/м <sup>2</sup> (При 20°C \ -60°C)
Трубы горячедеформир., ТУ 1317-233-0147016	502-627	338-470	Не менее 25	196\98

## 1.2 Условия эксплуатации, габариты.

Освоение нефтегазовых месторождений Крайнего Севера и Сибири обусловлено строительством магистральных трубопроводов от месторождения газа и нефти к местам их потребления. Если по трубопроводу перекачивается газ или иной продукт, температура каждого не обеспечивает сохранения стабильного состояния мерзлого грунта (постоянно мерзлого или постоянно талого), то трубопровод необходимо прокладывать на глубине, превышающей глубину сезонного протаивания. В противном случае при периодических оттаиваниях и замерзаниях грунта трубопровод может быть разрушен силами морозного пучения.

Электросварные трубы должны иметь фаску под углом 30-35 градусов (при толщине стенки более 10 мм) с величиной притупления равной 1-3 мм. Показатели механических свойств устанавливаются в соответствии с классами прочности, которые регламентированы [1].

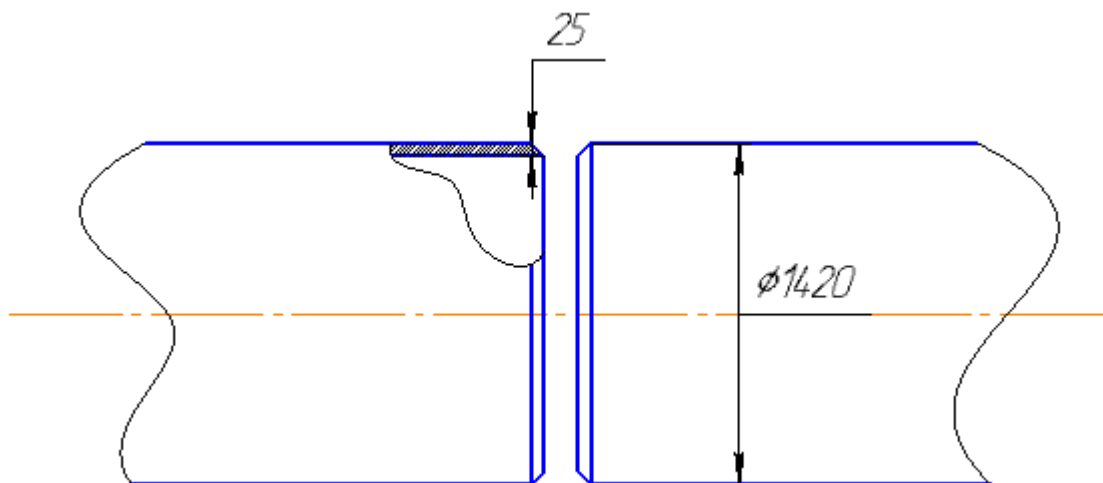


Рисунок 1 – Форма разделки кромок электросварных труб



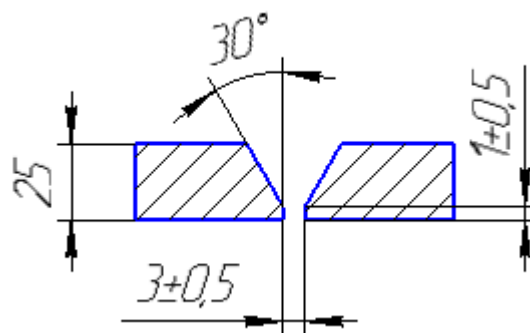


Рисунок 2 – Форма разделки кромок электросварных труб

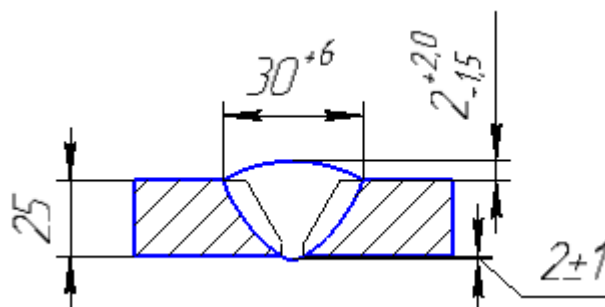


Рисунок 3 – Геометрия шва электросварных труб по ГОСТ 14771-76  
(тип соединения С17)

### 1.3 Оценка свариваемости.

Ориентировочным количественным показателем свариваемости стали, известного химического состава является эквивалентное содержание углерода. Воспользуемся методикой определения полного эквивалента углерода [4] для определения необходимого подогрева:

$$\Sigma C_{\text{э}} = C_{\text{э}} + C_{\text{р}} \quad (1)$$

где  $C_{\text{э}}$  – химический эквивалент углерода,  $C_{\text{р}}$  – размерный эквивалент углерода.

Количественный показатель свариваемости стали является определение эквивалентного содержания углерода, в данном известном химическом составе, которое вычисляется по формуле [4]:

$$C_{\text{э}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2}, \quad (2)$$

$$C_s = 0,14 + \frac{0,5}{6} + \frac{0,6}{5} + \frac{0,25}{15} + \frac{0,25}{13} + \frac{0,015}{2} = 0,39 \%,$$

где С, Мn, Cr, Ni, Cu, Р – процентное содержание легирующих элементов в металле шва.

Определим размерный эквивалент углерода [4]:

$$C_p = 0,005 \cdot \delta \cdot C_s = 0,005 \cdot 25 \cdot 0,39 = 0,049 \%, \quad (3)$$

где  $\delta$  – толщина свариваемой стали, мм.

Находим полный эквивалент углерода (1):

$$\Sigma C_s = C_s + C_p = 0,39 + 0,049 = 0,44 \, \%.$$

Полный эквивалент углерода  $C_s \leq 0,45 \, \%$ , следовательно, требуется предварительный подогрев.

Необходимая для подогрева температура определяется следующим образом:

$$T_n = 350 \cdot \sqrt{\Sigma C_s - 0,25} = 350 \cdot \sqrt{0,44 - 0,25} = 90 \, ^\circ\text{C} \quad (4)$$

Стали с содержанием до 0,2% С имеют высокую критическую скорость охлаждения при закалке, поэтому после сварки в наплавленном металле и зоне термического влияния не образуются структуры подкалки. Низкоуглеродистые низколегированные стали свариваются практически любыми способами сварки: ручной дуговой сваркой, автоматической дуговой сваркой, сваркой под слоем флюса, электрошлаковой сваркой [5].

## 2. Разработка технологии сварки.

### 2.1 Обоснование выбранного способа сварки.

При выборе способа сварки следует руководствоваться следующими факторами:

- свойство свариваемого металла;
- толщина детали;
- габариты конструкций;
- экономическая эффективность.

При создании газопровода рассматриваются два способа сварки приемлемых для конструкции, поэтому необходимо рассмотреть эти способы с технологической и экономической точки зрения и выбрать наиболее оптимальный способ сварки.

#### 2.1.1 Ручная дуговая сварка покрытыми электродами.

При сварке покрытыми электродами происходит плавление стержня и покрытия. Расплавляющееся покрытие образует шлак и газы. Шлак обволакивает капли металла, образующиеся при плавлении электродной проволоки. В ванне шлак перемешивается и всплывает на её поверхность.

Образуется шлаковый покров, предохраняющий металл от взаимодействия с кислородом и азотом воздуха. Кроме того, при всплывании на поверхность шлака, взаимодействуя с расплавленным металлом, очищает его. Образующиеся при расплавлении покрытия газы оттесняют воздух из реакционной зоны и таким образом способствуют созданию лучших условий для защиты.

Основные преимущества данного способа:

- возможность сварки во всех пространственных положениях и в условиях монтажа;
- относительная простота и надежность оборудования сварки;

- возможность сварки различного спектра металлов (углеродистые стали, цветные металлы, медь и т. д.);
- возможность использования более дешевого оборудования.

Основные недостатки:

- низкая производительность;
- наличие на сварной ванне шлака;
- самый тяжелый способ сварки по технике выполнения;
- многофакторность качества сварного соединения (человеческий фактор, оборудование и т. д.);
- тяжелые условия труда сварщика.

### 2.1.2 Механизированная сварка в среде защитного газа ( $\text{CO}_2$ ) плавящимся электродом.

При механизированной сварке плавящимся электродом в среде Защитного газа шов образуется за счет проплавления основного металла и расплавления электродной проволоки. Схема процесса механизированной дуговой сварки в среде защитных газов показана на рисунке 4. Дуга горит между проволокой 4 и основным металлом 8. Под действием теплоты дуги проволока и основной металл расплавляются, образуя сварочную ванну 7. Капли жидкого металла 9 с проволоки переносятся в ванну через дуговой промежуток [6].

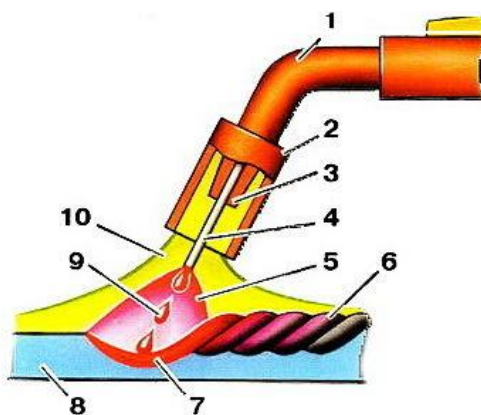


Рисунок 4 – Схема процесса механизированной дуговой сварки

Через сопло 2 подаётся защитный газ 10, защищающий металл сварочной ванны, капли электродного металла 9 и закристаллизовавшийся металл от воздействия активных газов атмосферы. Теплотой дуги 5 расплавляются кромки свариваемого изделия и электродная (сварочная) проволока. Расплавленный металл сварочной ванны, кристаллизуясь, образует сварной шов 6.

Достоинствами сварки в среде углекислого газа являются:

- плотный, ровный и красивый сварной шов, нет шлаковой корки и не требуется последующая механическая обработка, металл шва менее чувствителен к коррозии;

- отсутствуют потери на огарки, устранены затраты времени на смену электродов;

- высокая производительность труда (в 1,5-2,5 раза выше, чем при ручной электродуговой сварке);

- надёжная защита зоны сварки;

- возможность сварки во всех пространственных положениях.

- хорошие условия для визуального наблюдения сварщиком за процессом сварки;

- небольшое коробление детали из-за хорошего охлаждения ее газом.

Недостатком сварки в среде углекислого газа является:

- сильное разбрызгивание металла;

- сварка возможна только на постоянном токе;

- при сварке в открытых помещениях, а также при наличии сквозняков или ветра углекислый газ оттесняется от свариваемых швов, что снижает его защитное действие.

При сварке в защитных газах плавящимся электродом в качестве электродного металла применяют сварочную проволоку близкую по химическому составу к основному металлу.

Выбор защитного газа определяется его инертностью к свариваемому металлу, либо активностью, способствующей рафинации (очистке от

ненужных примесей) металла сварочной ванны. Для сварки сталей различных классов применяют углекислый газ, но так как углекислый газ участвует в металлургических процессах, способствуя угару легирующих компонентов и компонентов - раскислителей (кремния, марганца), то сварочную проволоку следует выбрать с повышенным их содержанием. В ряде случаев целесообразно применять смесь инертных и активных газов, чтобы повысить устойчивость дуги, улучшить формирование шва, воздействовать на его геометрические параметры, уменьшить разбрызгивание.

Так как механизированная сварка в среде защитных газов более производительна и обходит по качеству сварки ручную дуговую, выбираем механизированный способ сварки.

Следует отметить, что сварку корня шва рекомендуется проводить в среде углекислого газа, плотностью тока более 160-180 А/мм<sup>2</sup> на постоянном токе обратной полярности с проволокой сплошного сечения. Углекислый газ по ГОСТ 8050-85 [16] и чистотой не менее 99,5%. В качестве защитного газа принимаем – углекислый газ CO<sub>2</sub>.

А сварку заполняющих слоев шва лучше всего выполнять методом Innershield с использованием требуемых параметров: использование для всех последующих слоев после корневого самозащитную порошковую проволока типа Innershield.

## 2.2 Обоснование выбора сварочных материалов и оборудования.

### 2.2.1 Источник питания.

Для реализации современных технологий сварки магистральных газопроводов и обеспечения качества сварных соединений, источники сварочного тока должны отвечать следующим требованиям:

- обеспечение возможности механизированной дуговой сварки проволокой в среде защитных газов, применяемыми в трубопроводном строительстве;

- устойчивая работа источника при механизированной сварке во всем диапазоне рабочих токов, в том числе при минимальных, начиная с 40 А;
- возможность работать при постоянном токе на обратной полярности;
- минимальные колебания установленных значений сварочного тока и напряжения из-за взаимного влияния постов (не более  $\pm 10\%$  от установленных значений) при использовании источников тока для компоновки многопостовых систем питания сварочным током в самоходных и передвижных агрегатах;
- возможность эксплуатации источников в условиях холодного климата и в диапазоне температур от минус 40 °С до плюс 40 °С;

Проанализировав требования к источникам питания в СТО 2-2.2.136-2007 Газпром [7] и согласно свидетельству НАКС по РД-03-614-03 выбираем сварочный выпрямитель DC-400 производства LINCOLN ELECTRIC.

Таблица 3 – Технические характеристики выпрямителя DC-400 [9]

Параметры	DC-400
Пределы регулирования сварочного тока, А	60-500
Напряжение питающей сети, В	380
Частота питающей сети, Гц	50
Номинальный сварочный ток, А	400
ПВ в цикле 10 мин., %	100
Номинальное рабочее напряжение, В	36
Напряжение холостого хода, В	12
КПД, %	74
Габаритные размеры, мм	840×566×698
Масса, кг	215
Температура эксплуатации, °С	-40 ÷ +40

Выпрямитель сварочный DC-400 имеет следующие достоинства:

- плавная регулировка выходной мощности на всем диапазоне;
- полупроводниковая схема обеспечивает надежность и долговечность при интенсивных режимах эксплуатации;

- схема стабилизации напряжения, обеспечивающая постоянство сварочных параметров при колебаниях напряжения в сети в пределах  $\pm 10\%$ .
- функция “Контроль дуги” изменяет динамику колебаний тока в сварочной цепи и управляет “пинч-эффектом”, влияя на уровень искрообразования, перенос металла и форму шва при полуавтоматической сварке сплошной и порошковой проволокой.
- компактная конструкция позволяет располагать источник без значительных затрат пространства и устанавливать машины одна на одну до трех ярусов.
- данное оборудование включено в реестр ОАО "Газпром".

### 2.2.2 Сварочная проволока.

Механизированная дуговая сварка выполняется с использованием сварочной проволоки, которая изготавливается из стали, химический состав которой находится в пределах, приведенный в ГОСТ 2246-70 [8]. Так как сталь у нас 13ХФА –легированная, поэтому мы выбираем сварочную проволоку Св-08Г2С для корневого слоя шва.

Св-08Г2С – сварочная проволока предназначенная для сварки и ремонта конструктивных легированных сталей классом прочности до К54. Отличается большой глубиной проплавления, дает плоский шов. Обеспечивает высокое качество сварки корневого прохода с формированием обратного валика. Хорошо сбалансированная газовая система обеспечивает стабильное горение дуги и позволяет легко вести сварку во всех пространственных положениях. Химический состав сварочной проволоки Св-08Г2С приведен в таблице 4.

Таблица 4 - Химический состав сварочной проволоки Св-08Г2С [8].

Марка проволоки	Химический состав						
	C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
Св-08Г2С	0,05-0,11	0,70-0,95	1,80-2,10	$\leq 0,20$	$\leq 0,25$	$\leq 0,025$	$\leq 0,030$



Таблица 5 – Механические свойства наплавленного металла

Наименование параметра	значение
Временное сопротивление, МПа	560
Относительное удлинение, %, не менее	30
Предел текучести, МПа	440
Ударная вязкость, Дж/см <sup>2</sup> (KCV) (-20°C)	70
Ударная вязкость, Дж/см <sup>2</sup> (KCV) (-40°C)	50

Для сварки заполняющих и облицовочного слоев шва применяем самозащитную порошковую проволоку марки Innershield NR 207.

Порошковая проволока — сварочный материал, представляющий собой стальную оболочку, заполненную порошкообразным наполнителем. Это как бы электрод, вывернутый наизнанку. Но при этом электрод бесконечной длины.

В состав наполнителя порошковой проволоки входят следующие компоненты:

- газообразующие — обеспечивают защиту расплавленных капель и сварочной ванны от азота и кислорода воздуха (мрамор, целлюлоза и карбонаты Ca, Na, Mg);

- шлакообразующие — соединения, образующие шлаковую защиту (рутиловый концентрат, флюоритовый концентрат, алюмосиликаты).

- раскислители — участвуют в металлургических процессах, протекающих в сварочной ванне, обеспечивая металлургическое качество сварного шва (ферромарганец, ферротитан).

- металлические составляющие — повышают производительность наплавки (металлический порошок, соединения железа).

- Для сварки газонефтепроводов могут применяться только специальные самозащитные порошковые проволоки производства фирмы "Линкольн Электрик" (США).

Марку самозащитной порошковой проволоки выбирают в зависимости от прочностного класса свариваемых труб:

- для сварки стыков труб из сталей с нормативным пределом прочности до 530 МПа включительно применяется самозащитная порошковая проволока марки NR-207 диаметром 2 мм.

Марка проволоки NR-207 аттестована в установленном порядке и допущена для сварки стыков труб газо-, нефтепроводов различного диаметра и толщин стенок.

Таблица 6 - Химический состав сварочной проволоки Innershield NR 207 [10].

C	Mn	Si	Ni	Al	P	S
0,08	0,93	0,2	0,89	1,00	0,03	0,025

Таблица 7 – Механические свойства металла шва

Наименование параметра	Значение
Временное сопротивление, МПа	572
Относительное удлинение, %, не менее	25
Предел текучести, МПа	460
Ударная вязкость, Дж/см <sup>2</sup> (KCV) (-20°C)	61

### 2.2.3 Подающий механизм.

В качестве подающего механизма для источника питания DC-400 производителем рекомендован подающий механизм типа LN-25 для проволоки сплошного сечения и LN-23P для самозащитной порошковой проволоки[17,С.10].



Рисунок 5 – Внешний вид подающего механизма LN-25



Рисунок 6 – Внешний вид подающего механизма LN-23P

### 2.2.4 Сварочная горелка.

В качестве горелки для источника питания DC-400, для подающего механизма типа LN-25, производителем рекомендована сварочная горелка Magnum 300, а для и LN-23P - Innershield K345 [18].

### 3. Расчёт режимов сварки.

#### 3.1 Расчёт режимов сварки в углекислом газе.

Режимом сварки называют совокупность основных и дополнительных характеристик сварочного процесса, обеспечивающих получение сварных швов заданных размеров, формы, качества и химического состава шва.

К основным параметрам режима механизированной дуговой сварки в защитных газах плавящимся электродом, определяемых расчётом, относятся: сварочный ток, напряжение на дуге, скорость сварки, диаметр и скорость подачи электродной проволоки. Основные параметры: защитная среда (газовая, шлаковая, газосшлаковая), род тока, полярность устанавливают, исходя из условий сварки конкретного изделия. Расчет проводим по методике представленной в [11].

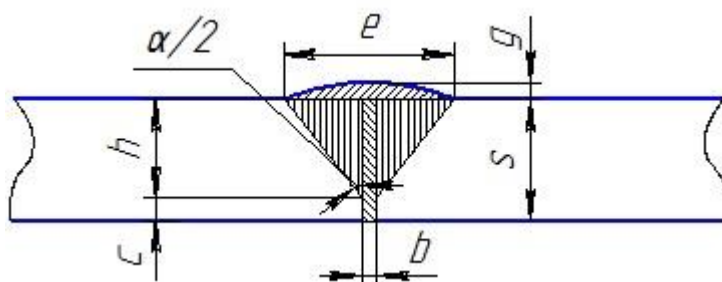


Рисунок 7 – Геометрические элементы площади сечения стыкового шва [12]

$$F_H = h^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha + b \cdot S + 0,75 \cdot q \cdot e \quad (5)$$

$$F_H = 24^2 \cdot \operatorname{tg} 20 + 2 \cdot 25 + 0,75 \cdot 2 \cdot 24 = 293,36 \text{ мм}^2$$

где  $S$ ,  $b$ ,  $e$ ,  $g$ ,  $\alpha$  – размеры конструктивных элементов сварного соединения.

Первый проход выполняем проволокой диаметром 1,6 мм; все последующие проходы выполняем проволокой диаметром 2 мм.

При сварке швов стыковых соединений площадь поперечного сечения металла, наплавляемого за один проход, при которой обеспечиваются оптимальные условия формирования, должна составлять не более 20...40 мм<sup>2</sup> для первого прохода (при сварке корня шва) и не более 40...100 мм<sup>2</sup> для последующих проходов.

Назначаем пять проходов :

Первый проход (корень шва)  $F = 30 \text{ мм}^2$

Второй проход (заполняющий)  $F = 60 \text{ мм}^2$

Третий проход (заполняющий)  $F = 80 \text{ мм}^2$

Четвертый проход (заполняющий)  $F = 80 \text{ мм}^2$

Пятый проход (облицовочный)  $F = 45 \text{ мм}^2$

Расчёт силы сварочного тока при сварке производится по диаметру проволоки и допускаемой плотности тока [11]:

$$I_{св} = \frac{\pi \cdot d_{э}^2}{4} \cdot j \quad (6)$$

где  $d_{э}$  - диаметр электродного стержня, мм;

$j$  – допускаемая плотность тока, А/мм<sup>2</sup>.

Для проволоки диаметра 1,6 мм:

$$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 1,6^2}{4} \cdot 90 = 180 \text{ А}$$

принимаем  $I_{св} = 180 \text{ А}$ .

Для проволоки диаметра 2 мм:

$$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 2^2}{4} \cdot 90 = 282,6 \text{ А}$$

принимаем  $I_{св} = 280 \text{ А}$ .

Для принятого диаметра электрода и силы сварочного тока определим оптимальное напряжение дуги:

$$U_{д} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{d_{э}^{0,5}} \cdot I_{св} \pm 1 \quad (7)$$

Тогда :

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,6}} \cdot 180 \pm 1 = 27,1 \pm 1$$

Для проволоки диаметра 1,6 мм принимаем  $U_d = 27$  В.

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot 280 \pm 1 = 29,9 \pm 1$$

Для проволоки диаметра 2 мм принимаем  $U_d = 30$  В.

Определим коэффициент формы провара:

$$\psi_{\text{пр}} = k' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{\text{св}}) \cdot \frac{d_{\text{э}} \cdot U_d}{180} \quad (8)$$

Согласно [13], величина коэффициента  $k'$  при плотности тока  $j < 120 \text{ A/mm}^2$  при сварке постоянным током обратной полярности:

$$k' = 0,367 \cdot j^{0,1925} \quad (9)$$

Тогда коэффициент формы провара :

$$\psi_{\text{пр}} = 0,367 \cdot 120^{0,1925} \cdot (19 - 0,01 \cdot 180) \cdot \frac{1,6 \cdot 27}{180} = 3,095$$

где  $\alpha_n$  – коэффициент наплавки. Его можно определить по формуле, согласно [13]:

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot (1 - \psi_n) \quad (10)$$

Где  $\psi_n$  - коэффициент потерь, %

$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j^2 \quad (11)$$

$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 180 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 180^2 = 9,5\%;$$

Тогда  $\alpha_p$  – коэффициент расплавления (где  $l_b$  согласно рекомендациям, предложенным в [4], равен 15 мм)

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{I_{cb}} \cdot \frac{l_b}{d_3^2} \quad (12)$$

Для проволоки диаметра 1,6 мм:

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{180} \cdot \frac{15}{2,56} = 12,6$$

Для проволоки диаметра 2 мм:

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{180} \cdot \frac{15}{4} = 12,8 \frac{\text{г}}{\text{А} \cdot \text{ч}}$$

Подставляем в формулу (10) :

Для проволоки диаметра 1,6 мм:

$$\alpha_n = 12,6 \cdot (1 - 0,095) = 11,4 \frac{\text{г}}{\text{А} \cdot \text{ч}}$$

Для проволоки диаметра 2 мм:

$$\alpha_n = 12,8 \cdot (1 - 0,095) = 11,5 \frac{\text{г}}{\text{А} \cdot \text{ч}}$$

Скорость дуговой сварки проволокой обычно задается и контролируется косвенно по необходимым размерам получаемого шва и может быть определена по формуле:

$$V_{cb} = \frac{\alpha_n \cdot I_{cb}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n} \quad (13)$$

где  $\alpha_n$  – коэффициент наплавки [13], г/А·ч;

$F_n$  – площадь поперечного сечения наплавленного металла за данный проход, см<sup>2</sup>;

$\gamma$  – плотность наплавленного металла за данный проход, г/см<sup>3</sup> (для стали  $\gamma=7,8$  г/см<sup>3</sup>).

Подставляем значения в формулу (10) и получаем:

для проволоки диаметра 1,6 мм:

$$V_{\text{св}} = \frac{12 \cdot 180}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,29} = 0,28 \frac{\text{см}}{\text{с}} = 10 \frac{\text{м}}{\text{ч}}$$

для проволоки диаметра 2 мм:

$$V_{\text{св}} = \frac{12 \cdot 280}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,29} = 0,2 \frac{\text{см}}{\text{с}} = 7,2 \frac{\text{м}}{\text{ч}}$$

Определяем скорость подачи электродной проволоки по формуле :

$$V_{\text{пэп}} = \frac{\alpha_p \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{\text{эл}}}, \quad (14)$$

где  $F_{\text{эл}}$  – площадь поперечного сечения проволоки, см<sup>2</sup>.

для проволоки диаметра 1,6 мм:

$$V_{\text{пэп}} = \frac{12 \cdot 180}{3600 \cdot 7,8 \cdot 2 \cdot 10^{-2}} = 2,3 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

для проволоки диаметра 2 мм:

$$V_{\text{пэп}} = \frac{12 \cdot 280}{3600 \cdot 7,8 \cdot 3,14 \cdot 10^{-2}} = 3,25 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

3.2 Расход сварочных материалов при механизированной сварке в среде защитного газа (CO<sub>2</sub>).

Для механизированных способов сварки плавящимся электродом в среде защитных газов количество электродного металла определяется в зависимости от количества наплавленного металла и коэффициента потерь при сварке определяемого при расчете режимов сварки: [11,С.62]:

$$G_э = G_н \cdot (1 + \psi_п) \quad (15)$$



где  $F_n$  – площадь наплавленного металла,;

$l_{ш}$  – длина шва;  $l_{ш} = 445,8 \text{ см}$

$\gamma$  – плотность металла;  $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$

Масса наплавленного металла определяется по формуле:

$$G_n = F_n \cdot l_{ш} \cdot \gamma \quad (16)$$

$$G_n = 2,93 \cdot 445,8 \cdot 7,8 = 10188 \text{ г.}$$

$$G_з = 10188 \cdot (1 + 0,95) = 19866,6 \text{ г.}$$

### 3.3 Расчёт объёма газа при сварке в защитных газах.

Необходимый объём газа находят как, для ручной сварки (ручная аргонодуговая сварка), так и для механизированных способов сварки (механизированная сварка в среде углекислого газа, автоматическая сварка плавящимся электродом в среде инертного газа). Расход защитного газа назначается при расчёте режимов сварки. Для того чтобы определить общий объём газа, необходимо учесть время на выполнение сварного шва.

Зная длину провариваемого участка и скорость перемещения сварочной горелки, можно определить время для выполнения сварного соединения [11,С.62]:

$$t = \frac{l_{шв}}{V_{св}} \quad (17)$$

$$t_1 = \frac{l_{шв}}{V_{св}} = \frac{445}{10} = 27 \text{ мин}$$

Зная время на выполнение сварного соединения, можно рассчитать необходимый объём, л: [11,С.62]:

$$Q_r = t \cdot Q_{мин} \quad (18)$$

где  $Q_{\text{мин}}$  – расход газа, назначаемый при расчёте режимов сварки равным 15 л/мин;

$t$  – время сварки, мин.

$$Q_r = t \cdot Q_{\text{мин}} = 27 \cdot 15 = 405 \text{ литров}$$

## 4. Технология сборки и сварки

### 4.1 Входной контроль труб.

Перед началом работ необходимо убедиться в том, что используемые трубы имеют сертификат качества и соответствуют проекту, техническим условиям на их поставку, а также требования действующих нормативно-технических документов. Трубы и детали должны пройти обязательный входной контроль [14] .

При входном контроле проверяют:

- Наличие сертификатов соответствия

На внутренней поверхности каждой трубы, на расстоянии 500 мм от одного из ее концов несмываемой краской наносят маркировку: завод-изготовитель, номер контракта, номер плавки, номинальный размер, номер трубы, дата изготовления, эквивалент углерода.

- Овальность концов труб

Овальность определяют путем измерения диаметра торца трубы нутромером или индикаторной скобой в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Овальность – отношение разности между наибольшим и наименьшим диаметром к номинальному должна быть не более 1%  $D_n$  при толщине стенки  $\delta < 20\text{мм}$ .

- Кривизну труб

Кривизна труб не должна превышать 1,5 мм на 1 м длины. Общая кривизна не должна превышать 0,15% длины трубы. Состояние кромок и перпендикулярность реза. Концы труб обрезают под прямым углом. Отклонение от перпендикулярности торцов не должно превышать более 1,4 мм для труб номинальным диаметром 1420 мм.

Следует проверить перпендикулярность свариваемого торца по угольнику. Отклонение свариваемого торца от угольника для труб, деталей и арматуры должно быть не выше значений, регламентированных техническими условиями.

Следует проверить соответствие формы, размеров и качества подготовки свариваемых кромок, в том числе расточки под заданный внутренний диаметр. Точность обработки фасок под сварку и размеры разделки проверяют инструментально.

#### 4.2 Сборка стыка.

При строительстве линейной части сварочной колонной производится монтаж и сварка секций. Данную секцию приваривают к нитке газопровода. Нитка газопровода представляет собой некоторый набор собранных и сваренных линейных участков. При сборке труб (секций) в нитку должны применяться инвентарные монтажные опоры. Запрещается при сборке стыков труб в качестве монтажных опор применять грунтовые или снежные насыпи, так как при отрицательных температурах грунтовые насыпи будут содержать мерзлые комья, лед, снег.

Поэтому будем использовать деревянные опоры (лежки). На рисунке 8 предоставлено расположение трубы на деревянных лежках. Во избежание повреждения изоляции и для свободного доступа к стыку в потолочном положении, укладка сваренной нитки производится вдоль траншеи на деревянных лежках с подкладками из дарнита (специальный нетканый материал) или резины.

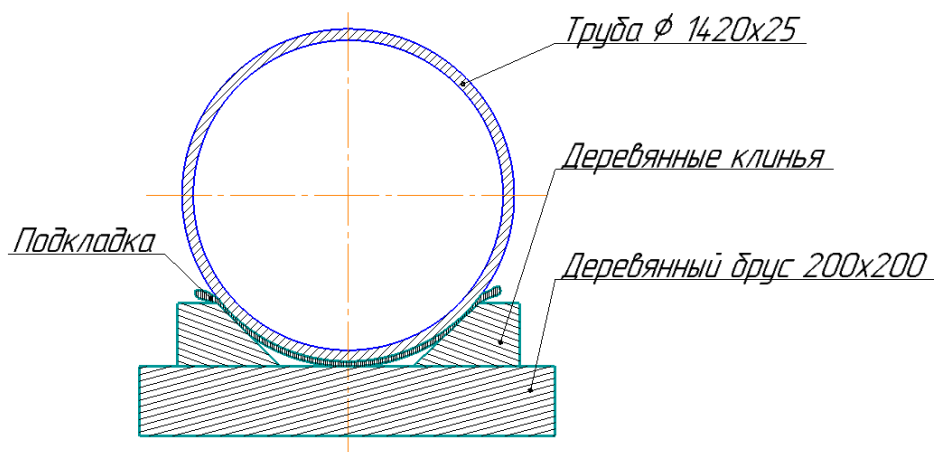


Рисунок 8 – Расположение трубы на деревянных лежках

Сборка стыка начинается с установки внутреннего гидравлического центратора в одну из двух свариваемых труб, перемещение центратора в трубе осуществляется за штангу при помощи экскаватора. Сборка осуществляется по Гост 16037 тип соединения С17 с помощью внутреннего центратора ЦВ 147, позволяющего вести сварку первого слоя непрерывно, показан на рисунке 9.



Рисунок 9 – Центратор ЦВ 147 в трубе.

После монтажа стыка трубы на внутренний центратор, сварщик должен используя универсальный шаблон сварщика УШС-3 проверить ширину зазора, допустимое смещение кромок стыка. По окончании выполнения проверки, сборку данного сварного соединения выполняют на прихватки.

Требования к прихваткам указаны [7]; при диаметре трубы 1420 мм количество прихваток составляет 4 штуки, длиной не менее 200 мм и шагом между ними 900 – 1000 мм, высота прихваток при толщине стенки 25 мм должна быть от 5-8 мм, сварка прихваток выполняется на таких же режимах что и корневой шов.

Непосредственно, перед выполнением прихваток, необходимо выполнить просушку кромок и прилегающих к ним участков на ширину не менее 150 мм. Просушка кромок обязательна до температуры 20-50С.

#### 4.3 Предварительный подогрев кромок.

Предварительный подогрев кромок до  $+ 50^{\circ}\text{C}$  при температуре ниже  $0^{\circ}\text{C}$ . После сборки стыка, подъезжает гусеничная машина с манипулятором и генератором переменного тока и накрывает место расположения стыка сварочной палаткой. На стык надевают пояс индукционного подогревателя ProHeat 35. Сам индукционный подогреватель расположен на гусеничной машине.



Рисунок 10 – Внешний вид индукционного подогревателя ProHeat 35

Под пояс устанавливаются контактные термометры. После подогрева стыка до  $120-150^{\circ}\text{C}$  пояс снимают, и сварщики приступают к сварке корневого слоя шва

#### 4.3 Сварка стыка.

Выполнив сварку прихваток, концы прихваток необходимо подвергнуть механической обработке углошлифовальной машинкой, для удаления шлака, окалины и брызг металла.

Процесс сварки корневого шва начинает один сварщик с нижнего зенита трубы, во избежание травматизма зрения второго сварщика. Второй сварщик приступает к работе после того как первый сварщик выполнит сварку

стыка длиной не менее 300 мм. Сварку корневого шва завершают в верхнем зените трубы, один из сварщиков выполняет сварку замка корневого слоя.

Выполнив сварку корневого слоя, необходимо удалить внутренний центратор, для удобного выполнения сварки последующих проходов. Начало каждого следующего слоя необходимо смещать относительно предыдущего не менее чем на 20 мм. После каждого прохода производится механизированная очистка сварного шва и прилегающей к ней территории от шлака, окалин и брызг металла.

Сварку последующих проходов производят на режимах рассчитанных в разделе 3.1. При заполнении первых двух проходов следует использовать технику сварки с поперечными колебаниями по всей ширине шва, после первых двух проходов используется техника сварки отдельными перекрывающимися слоями. При выполнении заполняющих слоёв можно использовать режимы с повышенной скоростью подачи проволоки в зависимости от толщины свариваемого материала.

#### 4.5 Технический контроль качества.

##### 4.5.1 Визуальный контроль качества

По внешнему виду сборные шва должна удовлетворять следующим требованиям СНиП 3-42-80, ВСН 012-88, ВСН 006-89 и РД 03-606-03.

Все сварные соединения труб после их очистки от шлака, грязи, брызг металла, снятия грата подвергают визуальному контролю и обмеру.

Визуальный контроль и обмер производят работники службы контроля (ПИЛ, специализированных управлений по контролю).

При осмотре сварного соединения:

- проверяют наличие на каждом стыке клейма сварщика, выполнявшего сварку. Если сварку одного стыка выполняли несколько сварщиков, то на каждом стыке должно быть проставлено клеймо каждого сварщика в данной бригаде, или одно клеймо, присвоенное всей бригаде;

- проверяют наличие на одном из концов каждой нити ее порядкового номера;

- убеждаются в отсутствии наружных трещин, незаплавленных кратеров и выходящих на поверхность пор.

Клеймо сварщика (бригады) и порядковый номер нити (секции) на трубы из сталей с нормативным пределом прочности 55 кгс/мм и более наносят только несмываемой краской.

По результатам обмера сварные соединения, выполненные дуговыми методами, должны удовлетворять следующим требованиям:

- усиление внешнего и внутреннего швов должно иметь высоту не менее 1,0 мм и не более 3,0 мм и плавный переход к основному металлу;

- сварной шов облицовочного слоя, получаемого при полуавтоматических методах сварки в среде защитных газов должен иметь ширину  $24 \pm 3$  мм при толщине стенки 25 мм.

#### 4.5.2 Радиографический контроль качества

Сварные соединения трубопроводов, выполненные дуговыми методами сварки, которые по результатам визуального контроля и обмера, подвергают неразрушающему контролю. Заключение, радиографические снимки, зарегистрированные результаты ультразвуковой дефектоскопии, магнитные ленты и диаграммы фактического режима стыковой сварки оплавлением хранятся в производственной испытательной лаборатории (ПИЛ) до сдачи трубопровода в эксплуатацию.

К проведению неразрушающего контроля допускаются дефектоскописты, окончившие специализированное профессионально-техническое училище, техникум по соответствующей специальности или курсы по подготовке дефектоскопистов, имеющие документ об окончании учебного заведения и (или) удостоверение установленной формы.



Радиографический контроль сварных соединений газопроводов выполняют с использованием рентгеновского аппарата АРИНА-3.

Импульсный рентгеновский аппарат Арина-3 является универсальным прибором с рабочим напряжением анода на рентгеновской трубке не менее 200 кВ. Рентгеновский аппарат представляет собой компактную переносную модель, в которой учтены последние достижения и разработки в области радиографии.

Импульсный рентгеновский аппарат АРИНА-3 состоит из рентгеновского моноблока и ручного пульта управления, которые соединены между собой кабелем длиной 20 метров, что обеспечивает полную безопасность оператора.

Основным элементом импульсного излучателя является разрядникобостритель разработки Рязанского газоразрядного института, который имеет время коммутации менее 1 наносек, который преобразует микросекундный импульс высокого напряжения с выхода импульсного трансформатора в наносекундный импульс, подаваемый на электроны рентгеновской трубки. Под действием столь короткого импульса происходит разогрев, а затем взрыв части микроострий катода трубки. Образующееся вследствие этого облако плазмы является источником электронов, бомбардирующих анод трубки и вызывающих вспышку рентгеновского излучения.

При радиографическом контроле применяют отечественные радиографические пленки типа РТ-5, РТ-4М, РТ-2, РТ-3, РНТМ-1, РТ-1, РТСШ.

Допускается применение импортных радиографических пленок, предназначенных для дефектоскопии металлоконструкций.

Если неровности шва, брызги металла и другие внешние дефекты могут затруднить выявление внутренних дефектов в сварном соединении или повредить радиографическую пленку, то поверхность этого соединения должна быть зачищена с использованием средств механической обработки. В

остальных случаях специальная подготовка поверхности сварного соединения не требуется.

Швы, подлежащие контролю, размечают на отдельные участки, длина которых зависит от формата применяемой радиографической пленки (кассет), а затем маркируют несмываемой краской, обеспечивающей сохранность маркировки до сдачи трубопровода под изоляцию. Достаточно одна метка, которая соответствует началу мерительного пояса или рулонной пленки в следующих случаях:

- при использовании вспомогательных мерительных поясов со свинцовыми цифрами, обеспечивающими перенос изображения длины шва на снимки;
- при панорамном просвечивании на рулонную пленку с получением изображения контролируемого шва на одном снимке.

На каждом участке шва, подвергаемом радиографическому контролю, закрепляют эталоны чувствительности, имитаторы (если это необходимо) и свинцовые знаки.

Для определения чувствительности радиографического контроля следует использовать проволочные, канавочные и пластинчатые эталоны чувствительности, форма и размеры которых установлены ГОСТ 7512-82.

Допускается использовать канавочные и проволочные эталоны чувствительности, изготовленные по ГОСТ 7512-75. Для маркировки радиограмм следует использовать маркировочные знаки в виде цифр и букв русского или латинского алфавитов, а также дополнительные знаки в виде стрелок, тире и т.п. (предпочтительны наборы № 1, 2, 5 и 6), изготовленные из материала, обеспечивающего получение их четких изображений на радиографических снимках.

Для удобства нахождения дефектных участков шва целесообразно использование мерительных поясов со свинцовыми знаками, обеспечивающих разметку сварного соединения.

Заключение по результатам контроля следует давать отдельно по каждому отрезку снимка длиной 300 мм (для рулонных снимков) и по каждому снимку (для форматных); после анализа всех отрезков или снимков составляют заключение о качестве сварного стыка в целом.

В тех случаях, когда снимки имеют одинаковую чувствительность, а на изображении сварного шва отсутствуют дефекты, их можно группировать и записывать в заключении одной строкой.

При проведении радиографического контроля на строительстве трубопроводов во избежание поражения электрическим током и опасного воздействия на обслуживающий персонал ионизирующего излучения и вредных газов, образующихся в воздухе под действием излучения, необходимо строго соблюдать правила техники безопасности, установленные действующими нормативными документами

#### 4.6 Исправление дефектов

Исправление производится путем механической вырезкой дефектного участка с последующей заваркой. После этого производится дополнительный рентгенографический контроль.

Сварные соединения, в которых по результатам контроля обнаружены недопустимые дефекты (признанные "не годными") подлежат удалению или ремонту с последующим повторным контролем в соответствии с требованиями СНиП III-42-80 [15].

Исправление дефектов в стыках, выполненных дуговыми методами сварки, допускается в следующих случаях:

- если суммарная длина дефектных участков не превышает  $1/6$  периметра стыка;
- если длина выявленных в стыке трещин не превышает 50 мм. При наличии трещин суммарной длиной более 50 мм стыки подлежат удалению.

Исправление дефектов в стыках, выполненных дуговыми методами сварки, следует производить следующими способами:

- наплавкой ниточных валиков высотой не более 3 мм при ремонте наружных и внутренних подрезов;
  - вышлифовкой и последующей заваркой участков швов со шлаковыми включениями и порами;
  - при ремонте стыка с трещиной длиной до 50 мм засверливаются два отверстия на расстоянии не менее 30 мм от краев трещины с каждой стороны, дефектный участок вышлифовывается полностью и заваривается вновь в несколько слоев;
  - обнаруженные при внешнем осмотре недопустимые дефекты должны устраняться до проведения контроля неразрушающими методами. Все исправленные участки стыков должны быть подвергнуты внешнему осмотру, радиографическому контролю и удовлетворять требованиям п. 4.32 [4]
- Повторный ремонт стыков не допускается.

Результаты проверки стыков физическими методами необходимо оформлять в виде заключений. Заключения, радиографические снимки, зарегистрированные результаты ультразвуковой дефектоскопии и ферромагнитные ленты со стыков, подвергавшихся контролю, хранятся в полевой испытательной лаборатории (ПИЛ) до сдачи трубопровода в эксплуатацию

### 5.1 Нормирование технологического процесса.

В данном разделе производится экономическая оценка двух сравниваемых способов сварки (сварки в среде защитных газов и сварки в среде защитных газов с применением метода STT) при сборке и сварки участка газопровода.

Определение норм времени для ручной дуговой сварки [11] и сварки в среде защитных газов модулированным током.

Таблица 8 – Основное время для сварки в среде защитных газов и сварки в среде защитных газов с применением метода STT

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение мин/пог.м
	Старая технология	Новая технология	
$F_n$ – площадь наплавленного металла, мм <sup>2</sup>	125,8	125,8	-
$\gamma$ – плотность наплавляемого металла, г/см <sup>3</sup>	7,8	7,8	–
$I_{св}$ – сварочный ток, А 1 проход 2 проход 3 проход	130 200 200	200 210 210	–
$\alpha_n$ – коэффициент наплавки, г/А·ч	11,4	11,9	–
Расчетная формула $t_0 = \frac{F_n \cdot \gamma \cdot 60}{I_{на} \cdot \alpha_i}$	$t_0 = \frac{7,8 \cdot 60}{11,4} \cdot \left( \frac{20}{130} + \frac{56}{200} + \frac{50}{200} \right) = 28$	$t_0 = \frac{7,8 \cdot 60}{11,9} \cdot \left( \frac{20}{200} + \frac{56}{210} + \frac{50}{210} \right) = 24,7$	3,3

Определение основного время на сварку показало, что сварки методом STT основное время меньше чем при обычной сварке в углекислом газе, это достигается тем, что ток сварки в импульсе как и коэффициент наплавки увеличивается.

Необходимые данные для расчета значений времени  $t_{в.из}$ ,  $t_{в.из}$ , а также коэффициента  $k_{об}$  получены из [16].

Таблица 9 - Вспомогательное время, связанное со сваркой шва

Элементы работы	Сравниваемые процессы		Изменение мин/пог.м
	Старая технология	Новая технология	
Очистка перед сваркой, свариваемых кромок от налета ржавчины и осмотр	0,5	0,5	—
Зачистка околошовной зоны от брызг наплавленного металла	0,2	—	—
Откусывание огарков проволоки	0,1	0,1	—
Осмотр и промер шва	0,3	0,3	—
Удаление остатка проволоки из головки полуавтомата. Смена кассеты. Подача проволоки в головку.	0,25	0,25	—
Всего	1,35	1,15	0,2

Таблица 10 – Вспомогательное время, связанное с изделием и работой оборудования

Элементы работы	Сравниваемые процессы	
	Старая технология	Новая технология
Время на установку	0,8	0,8
Снятие и транспортировка	0,4	0,4
Всего	1,2	1,2

Таблица 11 - Подготовительно-заключительное время для сварки в среде CO<sub>2</sub> и сварки методом STT

№ п/п	Содержание работы	Вид сварки	Сложность работы	
			простая	сложн.
		Время на партию, МИН		
1	Получение производственного задания, документации, инструктажа мастера, получение инструмента	автоматическая	4,0	6,0
2	Ознакомление с работой	автоматическая	3,0	5,0
		ручная	2,0	4,0
3	Подготовка к работе баллона с газом, подключение и продувка шлангов	автоматическая	4,0	4,0
4	Установка, настройка и проверка режимов сварки	автоматическая	3,0	3,0
5	Подготовка рабочего места и приспособление к работе	автоматическая	4,0	7,0
		ручная	2,0	4,0
6	Сдача работы	автоматическая	2,0	3,0
		ручная	2,0	3,0

Для  $\text{CO}_2$   $t_{n.3} = 4 + 3 + 4 + 3 + 4 + 2 = 20$  мин/пар;

Для STT  $t_{n.3} = 4 + 3 + 4 + 3 + 4 + 2 = 20$  мин/пар;

Таблица 12 – Определим штучное время

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение мин изделие
	Старая технология	Новая технология	
$t_o$ – основное время на сварку, мин/м	28	24,7	3,3
$t_{ви}$ – вспомогательное время, связанное со свариваемым швом на 1 пог. м шва, мин	1,35	1,15	0,2
$l$ – длина шва $l = \pi \cdot d$	3,83	3,83	–
$t_{виз}$ – вспомогательное время, связанное со свариваемым изделием, мин	1,2	1,2	–
$K_{об}$ – коэффициент, учитывающий затраты времени на обслуживание рабочего места, отдых и естественные потребности	1,12	1,12	–
Расчетная формула $T_{шт} = [(t_o + t_{ви}) \cdot l + t_{виз}] K_{об}$	$T_{шт} = [(28 + 1,35) \cdot 3,83 + 1,2] \cdot 1,12 = 127,2$	$T_{шт} = [(24,7 + 1,15) \cdot 3,83 + 1,2] \cdot 1,12 = 112,2$	15

Таблица 13 – Размер партии

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение
	Старая технология	Новая технология	
$T_{см}$ – продолжительность одной рабочей смены	8	8	–
$T_{шт}$ – штучное время	127,2	112,2	15
Расчетная формула $n = \frac{T_{см} \cdot 60}{T_{шт}}$	$n = \frac{8 \cdot 60}{127,2} \approx 3,5$ шт	$n = \frac{8 \cdot 60}{112,2} \approx 4,5$ шт	1

Изменение произошло из-за основного времени на сварку и вспомогательного времени, связанного со свариваемым швом.

Таблица 14 – Штучно – калькуляционное время

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение $\frac{\text{мин}}{\text{изделие}}$
	Старая технология	Новая технология	
$T_{шт}$ – штучное время	127,2	112,2	15
$t_{пз}$ – подготовительно – заключительное время	20	20	–
n – размер партии	3,5	4,5	1
$T_{шк} = T_{шт} + \frac{t_{пз}}{n}$	$127,2 + \frac{20}{3,5} = 133$	$112,2 + \frac{20}{4,5} = 116$	17

Изменение произошло из-за штучного времени и размера партии.

Таблица 15 – Масса наплавленного металла шва

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение кг
	Старая технология	Новая технология	
$F_n$ – площадь наплавленного металла, см <sup>2</sup>	1,258	1,258	–
L – длина шва, м	3,83	3,83	–
$\gamma$ – плотность наплавляемого металла, г/см <sup>3</sup>	7,8	7,8	–
Расчетная формула $G = F \cdot L \cdot \gamma$	$G = F \cdot L \cdot \gamma = 1,258 \cdot 3,83 \cdot 7,8 = 3,76$ кг		0

## 5.2 Экономическая оценка сравниваемых способов сварки.

Первая ситуация возникает, когда рассматривается возможность изготовления сварного изделия с использованием альтернативных способов и средств сварки, которыми располагает предприятие и когда необходимо выбрать лучший процесс. В подобной ситуации выбор лучшего решения должен осуществляться на основе текущих затрат.

При их определении во внимание следует принимать лишь релевантные затраты, то есть такие, которые будут различаться в сравниваемых вариантах и которые могут повлиять на выбор лучшего варианта. Очевидно при сравнении механизированной сварки в углекислом газе и STT нет необходимости учитывать затраты на основной материал, из которого изготавливается сварная конструкция, поскольку анализируемые процессы практически не оказывают заметного влияния на расход основного



материала. Поскольку сравнение вариантов следует вести из предложения, что предприятие располагает соответствующими способами и средствами, во внимание не следует принимать затраты на приобретение оборудования и амортизационные отчисления.

Таблица 16 - Затраты на защитный газ

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	Старая технология	Новая технология	
$g_{газ}$ - норма расхода газа, л/мин	12,85	12,85	-
$t_0$ - основное время на сварку, мин/м	28	24,7	-
$l$ - длина сварного шва, м/издел	3,83	3,83	-
$\Pi_{газ}$ - цена за единицу газа (руб/л)	0,018	0,018	-
Расчетная формула $C_{газ} = g_{газ} \cdot t_0 \cdot l \cdot \Pi_{газ}$	24,80	22	+2,8

Таблица 17 – Затраты на заработанную плату рабочих

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	Старая технология	Новая технология	
$C_{мз}$ – среднемесячная заработная плата рабочих соответствующих профессий	30000	30000	–
$F_{мр}$ – месячный фонд времени работы рабочих, часы/месяц $F_{мр} \approx 172$ часов/месяц	172	172	–
$t_{шк}$ – штучно–калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд	133	116	+17
Расчетная формула $C_з = \frac{C_{мз} \cdot t_{шк}}{F_{мр} \cdot 60}$	$C_з = \frac{30000 \cdot 133}{172 \cdot 60} = 386$	$C_з = \frac{30000 \cdot 116}{172 \cdot 60} = 337$	+49

Изменение затрат произошло из-за штучно–калькуляционного времени на выполнение операции

Таблица 18 – Отчисления на социальные цели

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	Старая технология	Новая технология	
$k_{отч}$ – процент отчислений на социальные цели от основной и дополнительной заработной платы	30%	30%	–
$C_3$ – Затраты на заработанную плату рабочих	386	337	+49
Расчетная формула $C = \frac{k_{отч} \cdot C_{з\ отч}}{100}$	$\frac{30 \cdot 386}{100} = 100,5$	$\frac{30 \cdot 337}{100} = 87,5$	+13

Изменение произошло из-за затрат на заработанную плату рабочих.

Таблица 19 – Затраты на электроэнергию

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		
	Старая технология	Новая технология	
$U$ – напряжение, В	24	24	–
$I$ – сила тока, А	176	205	–
$t_o$ – основное время сварки, мин/м	28	24,4	3,6
$l$ – длина сварного шва, м/изд	3,83	3,83	–
$\eta$ – коэффициент полезного действия источника питания	0,75	0,8	–
$\Pi_{эл}$ – стоимость 1 кВт-ч электроэнергии, руб	2,4	2,4	–
Расчетная формула $C_{\text{эт}} = \frac{U \cdot I \cdot t_o \cdot l}{60 \cdot \eta \cdot 1000} \cdot \Pi_{\text{эл}}$	$C_{\text{эт}} = \frac{24 \cdot 176 \cdot 28 \cdot 3,83}{60 \cdot 0,75 \cdot 1000} \cdot 2,4 = 24,1 \text{ руб/изд}$	$C_{\text{эт}} = \frac{24 \cdot 205 \cdot 28 \cdot 3,83}{60 \cdot 0,8 \cdot 1000} \cdot 2,4 = 26,3 \text{ руб/изд}$	-2,2

Изменение затрат произошло из-за основного время сварки и сварочного тока.

Таблица 20 – Результаты расчетов

Наименование	Старая технология	Новая технология	Разница (1)–(2)
1. Сварочные материалы	242,8	240	+2,8
2. Основная зарплата	386	337	+49
3. Социальные цели	100,5	87,5	+13
4. Электроэнергия	24,1	26,3	-2,2
5. Ремонт	31,9	40	-8,1
Итого	785,3	730,8	54,5

### 5.3 Экономическая оценка эффективности инвестиций.

Проведен технико–экономический анализ процесса сборки и сварки участка нефтепровода сваркой в среде защитных газов и сваркой в среде углекислого газа методом STT.

По затратам на сварку изделия (первая ситуация) выгоду метод STT. Он нам обходится дешевле на 54,5 руб./ст.

Учитывая условия второй ситуации (когда худший вариант имеет место, а второй будет внедряться) внедрять в производство метод STT тоже выгодно. Так как срок окупаемости при ставке дисконтирования  $i = 10\%$ ,  $PP = 4,85$  года. Чисто текущая стоимость  $NPV > 0$ , что говорит о том, что доходности при внедрении этого проекта в рассматриваемый период (5 лет) высокая. Индекс доходности при ставке дисконтирования  $i = 10\%$ ,  $PI = 1,04$ , а проект считается эффективным, если  $PI > 1,0$ .

Из показателей экономической оценки инвестиций можно сделать вывод, что внедрение метода STT выгодно.

## 6. Социальная ответственность

### Введение

Объектом исследования является сборка и сварка в защитном газе магистрального газопровода 1420х25.

Используемое оборудование на рабочем месте (сварщика): источник питания Lincoln Electric Idealarc DC-400, механизм подачи проволоки, горелка, внутренний центратор. Рабочее место сварщика расположено в специальной палатке на открытом воздухе. Трасса газопровода проходит в лесной зоне (тайга) Восточной Сибири. Местность заболоченная, равнинная. Климат резко континентальный с крайне холодными зимами.

В данном разделе на основе имеющихся данных о технологическом процессе и оборудовании, о имеющих веществах и материалах в рабочих зонах, о специфике работы (открытый воздух) были инфицированы следующие вредные и опасные производственные факторы:

- поражение электрическим током;
- ожог электродом, дугой или каплями расплавленного металла;
- ультрафиолетовое излучение;
- отравление парами и газами, выделяющихся в процессе сварки;
- пожаровзрывоопасность;
- производственный шум.

Также по результатам комплексной оценки рабочего места на наличие ВиОПФ (вредных и опасных произ. факторов) были предложены мероприятия, направленные на снижение либо устранение опасных и вредных факторов; предложены мероприятия противопожарной профилактики; изучено воздействие рассматриваемого произв. объекта и процесса на окружающую среду. И в завершении были рассмотрены ЧС, возможные для данного случая.

### 6.1.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

#### Производственный шум

Шум может создаваться работающим транспортом и оборудованием – грузовыми автомобилями, сварочным источником питания, шлифмашинкой. Шум ухудшает условия труда, оказывает вредное воздействие на организм человека. Действие шума затрудняет разборчивость речи, вызывает необратимые процессы изменения органа слуха у человека, повышает утомляемость.

Степень вредности и опасности условий труда при действии виброакустических факторов устанавливается с учетом их временных характеристик (постоянный, непостоянный шум, вибрация и т.д.). Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука определены в ГОСТ 12.1.003-83 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности» представлены в таблице 21 [20].

Таблица 21 – Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука [20].

Вид трудовой деятельности, рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБ А
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Выполнение всех видов работ	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

При превышении предельно допустимых норм шума работники должны обеспечиваться средствами индивидуальной защиты органов слуха: противошумными наушниками, шлемами или противошумными вкладышами.

СИЗ органов слуха следует выбирать в зависимости от частотного спектра шума на рабочем месте. Типы и группы СИЗ органов слуха следует выбирать в соответствии с требованиями ГОСТ 12.4.051-87[21].

Работающие, пользующиеся средствами индивидуальной защиты, должны быть проинструктированы о правилах пользования этими средствами и способам проверки их исправности.

#### Повышенная запыленность рабочей зоны

Повышенная запыленность рабочей зоны возникает в результате работ, направленных на очистку поверхности трубопровода в околосшовных зонах от шлака и других включений, а загазованность – в результате выхлопа спецтехники. В запыленном воздухе дыхание становится затрудненным, насыщение крови кислородом ухудшается, что предрасполагает к легочным заболеваниям. Продолжительное действие пыли на органы дыхания может привести к профессиональному заболеванию - пневмокониозу. Основанием для проведения мер борьбы с пылью является гигиеническое нормирование. Установленный перечень ПДК фиброгенной пыли в воздухе рабочих помещений приведен в ГОСТ 12.1.005-88 (с изм. №1 от 2000 г.) [32]. ПДК фиброгенной пыли в зависимости от процентного содержания диоксида кремния составляет 1 и 2 мг/м<sup>3</sup>. Для других видов пыли ПДК от 2 до 10 мг/м<sup>3</sup>. Предельно допустимая среднесуточная концентрация металлической пыли в воздухе не превышать 0,15 мг/м<sup>3</sup>, а максимально разовая – 0,5 мг/м<sup>3</sup> [22].

В целях защиты органов дыхания необходимо использовать СИЗ (противогаз, респиратор), при их отсутствии можно применить марлевую повязку предварительно смочив ее.

#### Утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу (загазованность)

Утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу (метанола) напрямую связана с нарушением технологии его закачки в полость

газопровода, что приводит к образованию в рабочей зоне взрывоопасной смеси (температура вспышки 15,6 °C).

При попадании на кожу и в органы дыхания (при испарении) метанол вызывает ожог и раздражение, при попадании в пищевод в небольшом объеме 510 мл вызывает сильное отравление, а 30 граммов и более – летальный исход. Такие симптомы как: головная боль, слабость, недомогание, озноб, тошнота, рвота характеризуют легкую форму отравления. Поэтому опасность для жизни несет как чистый метанол, так и жидкости, в состав которых входит данное вещество даже в очень небольшом процентном соотношении.

Антидотом при отравлении метанолом является внутривенное капельное введение 10 % раствора этанола, или же пероральный прием 30-40% раствора из расчета 1-2 грамма на 1 кг массы тела в сутки. В этом случае происходит переключение алкогольдегидрогеназы I на окисление экзогенного этанола.

При работе с метанолом, при его транспортировке и хранении должны быть предусмотрены средства индивидуальной защиты (СИЗ), представленные защитными очками, резиновыми перчатками, спецодеждой и обувью согласно типовым отраслевым нормам. Так же используется фильтрующий маски ППМ и ШМП и противогазы марок А, М при концентрациях паров выше ПДК.

Для удаления разлитого метанола с поверхности применяют сухие опилки, в последствие сжигаемые в специально отведенном месте, остаток впитавшегося метанола промывают струей холодной воды. В целях защиты окружающей среды от протечек метанола должно быть использовано технологическое оборудование, обеспечивающее полную герметизацию [22].

6.1.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.

Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования

Причины и практические условия возникновения электропоражений, несмотря на их значительное количество, можно объединить в следующие 5 групп:

- прикосновение к оголенным токоведущим частям, находящимся под напряжением. При этом следует отличать проводящую часть электроустановки от ее токоведущей части. Проводящая часть – часть электроустановки, которая может проводить электрический ток. Токоведущая часть – проводящая часть электроустановки, находящаяся в процессе ее работы под рабочим напряжением, в том числе нулевой рабочий проводник;

- прикосновение к корпусам электрооборудования и конструктивно связанных с ними металлическим предметам и сооружениям, которые нормально не находятся под напряжением, но могут оказаться под ним вследствие повреждения изоляции проводов (кабелей). Указанные корпуса и металлические предметы в соответствии с терминологией, принятой в ПУЭ, относятся к открытым проводящим частям (ОПЧ). Открытая проводящая часть – доступная прикосновению проводящая часть электроустановки, нормально не находящаяся под напряжением, но которая может оказаться под напряжением при повреждении основной изоляции. Открытую проводящую часть электроустановки не следует смешивать с понятием сторонняя проводящая часть, т. е. проводящая часть, не являющаяся частью электроустановки;

- прикосновение к отключенному, но электрически заряженному оборудованию (к конденсаторам, кабелям и т. п.);

- нахождение в недопустимой близости от места замыкания провода (кабеля) на землю. Например, к оборванному проводу, одним концом лежащему на земле, запрещается приближаться на расстояние менее 8 м во избежание попадания под шаговое напряжение;

- все поражения, связанные с действием электрической дуги и продуктов ее сгорания, а также с влиянием электрических и магнитных полей повышенной напряженности.



Сварщику на своем рабочем месте приходится работать с оборудованием, находящимся под напряжением 220 В и 380 В частотой 50 Гц, поэтому возникает опасность поражения электрическим током. В нашем всё оборудование для сварки представляет потенциальную угрозу для человека. Поэтому оборудование должно быть выполнено в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.019–79.

Основными условиями, обеспечивающими устранение электротравм являются:

- а) правильное устройство электроустановок;
- б) обученность персонала;
- в) соблюдение правил по безопасному обслуживанию электроустановок;
- г) надзор за производством работ в электроустановках.

Для предотвращения поражения электрическим током необходимо следовать следующим правилам техники безопасности:

- необходимо надежно заземлять корпуса источников питания и установок, а также свариваемое изделие;
- запрещено касаться голыми руками (без диэлектрических перчаток) токонесущих частей сварочных установок, а также проводов без изоляции или с поврежденной изоляцией;
- перед началом работ необходимо проверять исправность изоляции сварочных проводов, сварочного инструмента и оборудования, а также надежность всех контактных соединений сварочной цепи;
- при длительных перерывах сварочного процесса источник сварочного тока следует отключать;
- при прокладке сварочных проводов и при каждом их перемещении не допускать: повреждения изоляции, соприкосновения проводов с водой, маслом, стальными канатами, рукавами (шлангами) и трубопроводами с горючими газами и кислородом, а также с горячими трубопроводами;

- нельзя ремонтировать сварочное оборудование и установки, находящиеся под напряжением;
- сварщик не должен самостоятельно подключать источник питания сварочной дуги к силовой сети, или производить в ней ремонт, связанный с работой источника питания. Все эти работы выполняют только электрики.

В случае поражения сварщика электрическим током необходимо срочно отключить ток ближайшим выключателем или отделить пострадавшего от токоведущих частей, используя сухие подручные материалы (шест, доску и др.). После этого положить его на теплую подстилку и по возможности согреть. Немедленно вызвать медицинскую помощь, учитывая, что промедление свыше 5-6 минут может привести к непоправимым последствиям. При бессознательном состоянии пострадавшего следует освободить от стесняющей одежды и немедленно приступить к искусственному дыханию, также необходимо находиться рядом с пострадавшим до прибытия врача.

#### Электрозащитные средства:

-изолирующие (изолирующие штанги, изол. клещи, указатели напряжения, диэл. перчатки, галоши и боты, ручной изолирующий инструмент, диэл. ковры и изолирующие подставки, лестницы приставные и стремянки изолирующие стеклопластиковые, гибкие изолирующие покрытия и накладки для работ в электроустановках до 1кВ, устройства и приспособления для обеспечения безопасности работ при измерениях и испытаниях, спец средства защиты, устройства и приспособления изолирующие для работ под напряжением в установках под напряжением 110кВ и выше)

-неизолирующие (плакаты и знаки безопасности, переносные заземления, защ. ограждения, сигнализаторы наличия напряжения)

#### Средства индивидуальной защиты:

-средства защиты головы, средства защиты глаз и лица, средства защиты органов дыхания, средства защиты рук, средства защиты от падения с высоты, одежда специальная защитная.

Основные изолирующие ЭЗС до 1 кВ:

-изолирующие штанги, изолирующие клещи, указатели напряжения, электроизмерительные клещи, диэлектрические перчатки, ручной изолирующий инструмент.

Дополнительные изолирующие ЭЗС до 1 кВ:

-диэлектрические галоши, диэлектрические ковры и изолирующие подставки, изолирующие колпаки, покрытия и накладки, лестницы приставные и стремянки изолирующие стеклопластиковые.

Противопожарная безопасность

Меры пожарной безопасности и безопасных условий труда определяются исходя из конкретных условий проведения сварочных работ, при условии строго исполнения действующих норм и правил по пожарной безопасности и охране труда.

К огневым работам относятся производственные операции, связанные с применением открытого огня, новообразованием и нагреванием до температуры, способной вызвать воспламенение материалов и конструкций (электрическая и газовая сварка, бензиновая, керосиновая или кислородная резка, кузнечные и котельные работы с применением паяльных ламп и разведением открытого огня).

При проведении огневых работ рабочие должны быть обеспечены спецодеждой не имеющей следов нефтепродуктов, защитными масками (очками) и другими специальными средствами защиты.

При проведении огневых работ на рабочем месте должны быть размещены первичные средства пожаротушения.

В нашем случае оборудуем участок специальными средствами пожаротушения:

- пожарной цистерной с водой (нельзя тушить электроустановки под напряжением, карбида кальция и т.д.) - 2 шт.;
- огнетушитель ОХП-10 (для тушения начинающегося пожара твёрдых горючих материалов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей) – 2 шт.;
- огнетушитель углекислотный ОУ-5 (для тушения горючих жидкостей, электроустановок и т.д.) – 2 шт.;
- ящик с сухим и чистым песком (для тушения различных видов возгорания).

#### Средства защиты

Маска из фибры защищает лицо, шею от брызг расплавленного металла и вредных излучений сварочной дуги.

Спецодежда – костюм и брюки, а также рукавицы, изготавливаются из брезента и служат для защиты тела и рук от брызг сварки, и теплового излучения.

Сварщики, работающие на строительных площадках, обязаны носить каски, предохраняющие голову рабочего от возможного травмирования падающими предметами и защищающие от ударов поражения электрическим током и атмосферных воздействий. Под каску должен одеваться головной убор — подшлемник.

Для защиты ног сварщиков используют специальные ботинки, исключающие попадание искр и капель расплавленного металла. Перечень средств индивидуальной защиты, имеющиеся на проектируемом участке приведен в таблице 22.

Таблица 22 – Средства индивидуальной защиты, имеющиеся на проектируемом участке

Наименование средств индивидуальной защиты	Документ, регламентирующий требования к средствам индивидуальной защиты
Костюм брезентовый для сварщика	ТУ 17-08-327-91
Рукавицы брезентовые (краги)	ГОСТ 12.4.010-75
Перчатки диэлектрические	ТУ 38-106359-79
Щиток защитный для э/сварщика НН-ПС 70241	ГОСТ 12.4.035-78
Куртка х/б на утепляющей прокладке	ГОСТ 29.335-92
Каска строительная	ГОСТ 12.4.087-84

Для защиты рук от брызг и лучистой энергии применяют брезентовые рукавицы.

Во избежание затекания раскаленных брызг костюмы должны иметь гладкий покррой, а брюки необходимо носить навывпуск.

#### Воздушная среда и микроклимат. Вентиляция

Вредными основными веществами, выделяющимися при сварке сталей, являются: окись углерода, хром, марганец и фтористые соединения.

Удаление вредных газов и пыли из зоны сварки, а также подача чистого воздуха осуществляется вентиляцией. Значения ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны приведены в таблице 23 согласно ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно - гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

Таблица 23 - Предельно допустимые концентрации вредных веществ, которые выделяются в воздухе при сварке металлов

Название	Вещество ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности
Твердая составляющая сварочных паров		
Марганец (при его содержании в сварочном аэрозоле до 20%)	0,2	2
Железа оксид	6,0	3
Кремний диоксид	1,0	2
Хром (III) оксид	1,0	2
Хром (VI) оксид	0,01	1
Газовая составляющая сварочных паров		
Азот диоксид	2,0	3
Марганец оксид	0,3	2
Озон	0,1	1
Углерода оксид	20,0	4
Фтористый водород	0,5/1,0	2

Для защиты от вредного воздействия воздушных загрязнений (при превышении ПДК) работодатель обязан использовать самый последний, и самый ненадёжный метод - применение средств индивидуальной защиты органов дыхания, кожи, глаз.

СИЗ являются одним из основных способов защиты населения. Эффективность использования СИЗ во многом зависит от правильного их выбора и эксплуатации.

Средства индивидуальной защиты подразделяются на следующие виды:

- 1) средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД);
- 2) средства индивидуальной защиты кожи (СИЗК);
- 3) медицинские средства индивидуальной защиты.

Средства индивидуальной защиты органов дыхания предназначены для защиты органов дыхания, лица и глаз от воздействия отравляющих, радиоактивных веществ, АХОВ, бактериальных средств.

К СИЗОД относятся:

1)противогазы фильтрующие и изолирующие (защитная фильтрующая одежда (ЗФО), защитные комплекты (ФЛ-Ф, ФЛ-Н, ПЗО-2, КЗХЧ), защитная одежда АТК-1.);

2)камеры защитные;

3)респираторы;

4)простейшие средства (аптечка индивидуальная (АИ-1, АИ-2), индивидуальный противохимический пакет (ИПП-8, ИПП-9, ИПП-10, ИПП-11), пакет перевязочный индивидуальный.).

Средства защиты кожи (СЗК)предназначены для предохранения людей от воздействия отравляющих, радиоактивных, аварийно-химически опасных веществ и бактериальных средств.

Коллективные- это различные специально оборудованные инженерные сооружения, рассчитанные на защиту определенного количества людей от средств массового поражения.

### Электрическая дуга и металлические искры при сварке

Электрическая дуга и металлические искры, возникающие вследствие электродуговых и других видов технологической сварки, являются серьезной угрозой для здоровья электрогазосварщиков и окружающего их персонала. При нарушении техники безопасности, прописанной в ГОСТ 12.4.011-89 [23] и не использовании СИЗ электрическая дуга может вызывать ожоги сетчатки глаза ультрафиолетом, а металлические искры многочисленные ожоги кожи тела.

Во избежание получения ожогов следует применять куртки, полушубки, костюмы, комбинезоны, жилеты, полукOMBинезоны, брюки,

нарукавники. Такой тип индивидуальной защиты необходим для защиты тела от ожогов, механических повреждений и губительного действия высоких температур.

## 6.2 Экологическая безопасность.

Производственные процессы не должны загрязнять окружающую среду (воздух, почву, водоемы) вредными выбросами и отходами. Удаление и обезвреживание отходов производства, являющихся источниками опасных и вредных производственных факторов, должно производиться своевременно и организованно, при этом:

Для каждого источника загрязнения атмосферы должна быть установлена предельно допустимая норма выброса в соответствии с ГОСТ 17.2.3.02-78 Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями. Степень очистки сточных производственных вод должна устанавливаться согласно своду правил СП 31.13330.2012 "СНиП 2.04.02-84\*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения". Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84\* (утв. приказом Министерства регионального развития РФ от 29 декабря 2011 г. N 635/14) (с изменениями и дополнениями) и должна отвечать требованиям Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами;

Сварочное производство не без оснований относится к довольно вредным производствам, влияющим на здоровье рабочего персонала и на окружающую среду. Ученые и разработчики сварочных технологий и присадочных материалов в качестве приоритета ставят их экологическую безопасность и минимальное воздействие на рабочее пространство и персонал. Не менее актуальны в сварочном производстве проблемы сокращения и утилизации отходов, повышения объема рециклинга (возвращение отходов в круговорот "производство - потребление") сварных конструкций и изделий



после завершения срока их эксплуатации.

Отходами в сварочном производстве газовой сварки являются:

- металлолом черных и цветных металлов и сплавов;
- отработанные абразивные круги;
- мусор от уборки территории;
- сварочный шлак;
- промасленная ветошь, картон, полиэтиленовая упаковка и др.

Сбор отходов производится:

- в специальные контейнеры;
- на специальные площадки для крупногабаритных отходов;
- в иные места (помещения) для временного хранения отходов.

В контейнеры исключается попадание атмосферных осадков и запрещается раздувание отходов. На территории предприятия устраивают специальные бетонированные или асфальтированные площадки для размещения контейнеров. Площадка должна быть с водонепроницаемым покрытием. Подъезды к местам, где установлены контейнеры, должны освещаться и иметь дорожные покрытия с учетом разворота машин и выпуска стрелы подъема контейнеровоза или манипулятора. Для предотвращения засорения территории предприятия отходами устанавливаются урны емкостью не менее 10 л. У каждого входа в производственные цеха должно быть расположено не менее 1 урны. Места размещения урн на территории предприятия определяются руководством в зависимости от интенсивности использования территории.

Для хранения отходов, обладающих пожароопасными свойствами (отработанные масла, ветошь, масляные фильтры) организуются специальные места хранения (обособленное помещение, выполненное из металлических листов), исключающие возможность самопроизвольного возгорания.

### 6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Работа по прокладке газопровода проводится в Восточной Сибири с резко континентальным климатом с крайне холодными зимами. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т.д.), в данном районе отсутствуют. Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия.

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Значения температурных минимумов – 50 °С, температурных максимумов + 40 °С. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные обогреватели. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась.

Чрезвычайные ситуации, возникающие в результате диверсий, возникают все чаще. Зачастую такие угрозы оказываются ложными. Но случаются взрывы и в действительности.

Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

### 6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Работники, которые трудятся в условиях Крайнего Севера, имеют дополнительные льготы в соответствии с законом РФ от 19.02.1993 N 4520-1

«О государственных гарантиях и компенсациях для лиц, работающих и проживающих в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях» [24].

Одной из основных льгот, предоставляемых данной категории работников, является районный коэффициент. Согласно ст. 315 ТК РФ [24] оплата труда в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях осуществляется с применением районных коэффициентов и процентных надбавок к заработной плате.

Кроме того, коэффициент начисляется на надбавки и доплаты к тарифным ставкам (должностным окладам) и компенсационные выплаты, связанные с режимом работы и условиями труда, к которым относятся надбавки: за классность, звание по профессии, непрерывный стаж работы по специальности и т.д.; должностным лицам и гражданам, допущенным к государственной тайне; за выслугу лет (непрерывную работу), а также вознаграждение за выслугу лет, выплачиваемое ежеквартально или единовременно; по итогам работы за год; за условия труда при работе в ночное время, сменную работу, за совмещение профессий (должностей) [24].

В состав заработка, где начисляется районный коэффициент, не включаются: процентные надбавки к заработной плате за работу в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях, а также в южных районах Восточной Сибири и Дальнего Востока; все виды выплат по среднему заработку (отпускные, оплата обучения работников, направленных на профессиональную подготовку, повышение квалификации или обучение вторым профессиям, и др.); материальная помощь; единовременные поощрительные выплаты, не предусмотренные системой оплаты труда организации.

Северянам также должна выплачиваться процентная надбавка к заработной плате. В отличие от районного коэффициента при выплате надбавок необходимо учитывать стаж работы в данных районах или местностях. Размер процентной надбавки и порядок ее выплаты (как и

районный коэффициент) устанавливаются Правительством РФ (ст. 317 ТК РФ, ст. 11 Закона N 4520-1) [24].

Статья 116 ТК РФ устанавливает северянам ежегодные дополнительные оплачиваемые отпуска. При этом работодатели с учетом своих производственных и финансовых возможностей могут самостоятельно устанавливать для работников дополнительные отпуска, порядок и условия предоставления которых, определяются коллективными договорами или локальными нормативными актами, которые принимаются с учетом мнения выборного органа первичной профсоюзной организации.

Кроме своих работников, организации точно так же, обязаны следить за негативным влиянием их деятельности на окружающую среду, и защищать население от чрезвычайных ситуаций. В основу управления положен закон РФ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

## Заключение.

В результате проделанной работы была разработана технология сборки и сварки стыка магистрального газопровода при отрицательных температурах. Для этого были подобраны соответствующие материалы, а также необходимое оборудование, были рассчитаны параметры режимов сварки, а также были рассмотрены методы борьбы со сварочными напряжениями, деформациями и возникновением дефектов в сварном шве.

Однако до начала производства по данным режимам обязательна их проверка на практике и соответствующая корректировка, особенно вследствие того, что часть расчётов проводилась по приближённым данным, часть по рекомендациям литературы, в которой в свою очередь нередко встречаются противоречивые данные.

## Список используемых источников

1. ГОСТ 20295-85 Трубы стальные сварные для магистральных газопроводов. Технические условия.
2. СТО Газпром 2-4.1-713; Технические требования к трубам и соединительным деталям
3. Стали и сплавы. Марочник: Справ. изд / В.Г. Сорокин и др.; Науч. ред. В.Г. Сорокин, М.А. Гервасьев – М.: «Интермет Инжиниринг». 2001. – 608 с.: ил
4. Акулов А.И., Бельчук Г.А. и Демянцевич Е.И. Технология и оборудование сварки плавлением. Учебник для студентов вузов. М., «Машиностроение», 1977. 432с. с ил.
5. Стеклов О. И. Основы сварочного производства - М.: Высшая школа, 1981.-160с.
6. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./Ред. С 24 кол.: Г.А.Николаева (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1978 - - Т.2/ Под ред. А.И Акулова. 1978. 462с., ил.
7. СТО 2-2.2.136-2007 Газпром; Инструкция по технологиям сварки при строительстве и ремонте промышленных и магистральных газопроводов.
8. ГОСТ 2246-70; Проволока стальная сварочная.
9. <https://www.lincolnelectric.com/assets/US/EN/servicenavigator-public/LINCOLN3/IMR474.pdf> ; Руководство по эксплуатации DC-400.
10. <http://www.vtp.su/innershield-nr-207-provoloka-svarochnaya>; сварочная проволока Innershield NR-207.
11. Расчёт режимов дуговой сварки. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию. Изд-во Томского политехнического университета, 2008 - 41 с.
12. ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.
13. Геворкян В. Г. Основы сварочного дела- М.: Высшая школа, 1985 – 168с.

14. ГОСТ 31447-2012. Трубы стальные сварные для магистральных газопроводов. Технические условия
15. СНиП III-42-80. Строительные нормы и правила. Магистральные трубопроводы.
16. ГОСТ 8050-85. Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия
17. <http://www.lincolnweld.ru/files/uploads/files/1.2.3/IM.474.IdealarcD C400.ru.pdf>; Руководство по эксплуатации DC-400.
18. <http://www.lincolnweld.ru/files/uploads/files/1.3.4/E.8.90,%20LN-23P.ru.pdf>; Механизм подачи для сварки порошковой проволокой.
19. Руководство по сварке полуавтоматической сваркой труб на спуск самозащитный порошковой проволокой Innthshield.
20. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы" (зарегистрированы в Минюсте России 10.06.2003, регистрационный N 4673.).
21. ГОСТ 12.4.051-87 (СТ СЭВ 5803-86) Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты органа слуха. Общие технические требования и методы испытаний.
22. ГОСТ 12.1.005-88 (с изм. №1 от 2000 г.). ССБТ. «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (01. 01.89)»20. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы" (зарегистрированы в Минюсте России 10.06.2003, регистрационный N 4673.).
23. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. «Средства защиты работающих. Общие требования и классификация».
24. Трудовой кодекс РФ.